

# Schwingungsverhalten von Holzständerwänden

**J. Hessinger**, H.P. Buschbacher, A. Rabold, M. Leitgeb, R. Ramsteiner, F. Holtz  
LSW - Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik GmbH,  
Edlinger Str. 76, D - 83071 Stephanskirchen

## 1 Einleitung

Die Optimierung der Schalldämmung von Holzständerwänden erfordert eine genaue Kenntnis der Mechanismen der Schallübertragungen durch diese Holzbauteile. Hierzu wurden Messungen der Eigenschwingungen dieser Bauteile durchgeführt. Hierbei wurden auch Ergebnisse des von der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V. aus Mitteln der AiF geförderten Forschungsvorhabens „Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen“ verwendet.

## 2 Beschreibung des Prüfelements

Es wurde eine Standard-Holzständerwand mit folgendem Aufbau untersucht : 12,5 Gipsfaserplatte - 60/120 Holzständer gefüllt mit 100 mm Mineralwolle - 15 mm Gipsfaserplatte. Zusätzlich oben und unten ein Rähm 60/120 aus Holz. Ständerraster 62,5 cm, Plattenbreite 1,25 m, Gesamthöhe 2,65 m, Gesamtbreite 3,387 m. Die Beplankungen waren mit dem Ständerwerk verschraubt.

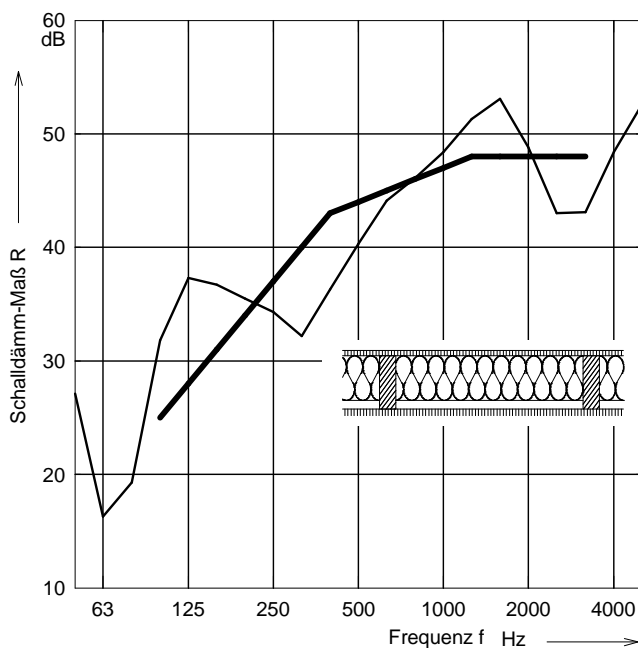


Abbildung 1 : Schalldämmung der Holzständerwand

## 3 Durchführung der Messungen

Die Messung der Schalldämmung der beschriebenen Holzständerwand wurde in einem Wandprüfstand nach ISO 140 [1] durchgeführt, zum Ergebnis siehe Abbildung 1.

In dem gleichen Prüfstand wurden auch die Untersuchungen zum Schwingungsverhalten durchgeführt. Hierzu wurden Körperschall-Beschleunigungspegel-Aufnehmer in einem engen Raster auf der Holzständerwand befestigt. Es wurde ein quadratisches Raster von Aufnehmerpunkten in Abständen von ca. 7,8 cm (horizontal und vertikal) untersucht. Bei einer Wandabmessung von 338,7 cm Breite  $\times$  265 cm Höhe macht das insgesamt 1540 Messpunkte. Die Messung der Körperschall-Beschleunigungspegel erfolgte mittels FFT im Bereich zwischen 1 Hz und 750 Hz, so dass in Schritten von 1 Hz Schwingungsbilder aufgenommen wurden. Für jede Frequenz kann über die Ortsabhängigkeit der Aufnehmerpunkte ein Schwingungsbild der Wand erzeugt werden.

Die Anregung der Wand erfolgte über Luftschall mit weißem Rauschen. Über die Körperschall-Beschleunigungspegel auf der Wandseite im Empfangsraum können die Schwingungsamplituden (Schwingungsbäuche und Knoten) detektiert werden. Die Grund- und Oberschwingungen der verschiedenen Eigenschwingungen werden sichtbar.

## 4 Ergebnisse der Schwingungsmessungen

Drei verschiedene Schwingungsformen konnten mit Hilfe der Schwingungsanalyse detektiert werden:

- Scheibenschwingungen : typischer Frequenzbereich zwischen 23 Hz und 48 Hz, die gesamte Wand schwingt als homogene Platte, es bilden sich Grund- und Oberschwingungen aus, als Beispiel siehe Abbildung 2
- Schwingungen der Stiele : es werden Grundschwingung (bei ca. 30 Hz) und Oberschwingungen (bei ca. 146 Hz, 293 Hz und 414 Hz) gemessen
- Plattenschwingungen im Gefachbereich : verschiedene Grund- und Oberschwingungen der Beplankungen in dem jeweiligen Gefachbereich werden beobachtet, als Beispiel siehe Abbildung 3 und Abbildung 4

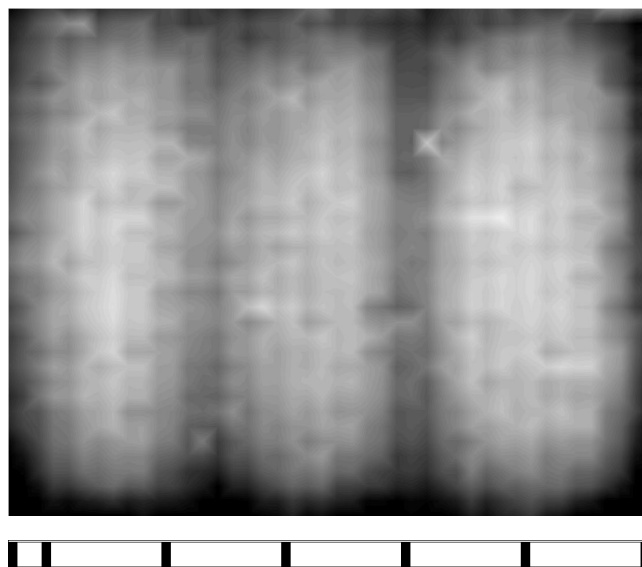


Abbildung 2 : Schwingungsbild der Holzständerwand als Falschfarbenbild (hell hoher Pegel  $L_a$ , dunkel niedriger Pegel  $L_a$ ) Frequenz  $f = 37 - 41$  Hz, 2. Oberschwingung Scheibenschwingung Die Lage der Ständer ist durch Balken unterhalb des Schwingungsbilds gekennzeichnet.

Für die Beurteilung im Hinblick auf die Schalldämmung sind nur die Plattenschwingungen im Gefachbereich von Bedeutung, da die homogenen Plattenschwingungen der Wand zu niederfrequent sind und die Schwingungen der Stiele mit zu geringem Flächenanteil an der Schallabstrahlung beteiligt sind.

## 5 Vergleich mit Berechnungen

Lehrbüchern [2] und Tabellenwerken [3] wurde Gleichung 1 für die Berechnung der Eigenfrequenzen der Grund- und Oberschwingungen von Plattenschwingungen entnommen. Gleichung 1 gilt jedoch nur für Platten, deren Seiten frei aufliegend sind. Ein Vergleich der berechneten mit den messtechnisch ermittelten Frequenzen der Grund- und Oberschwingungen zeigt Abbildung 5. Bei den höheren Eigenmoden ( $n = 2$  und  $3$ ) ist die Übereinstimmung besser als bei den niederen. Eine bessere Übereinstimmung

mung wird hier erreicht, wenn eine fest angeschlossene (eingespannte) Platte berechnet wird, siehe z.B. [3].

$$f_{n,m} = \frac{c_0^2}{4} \cdot \frac{1}{f_{gr}} \cdot \left[ \left( \frac{n}{b} \right)^2 + \left( \frac{m}{h} \right)^2 \right]$$

Gleichung 1 : Eigenfrequenz Plattenschwingung mit gestützten Rändern ,

h, b = Höhe bzw. Breite (Rastermaß der Ständer)  
 $f_{gr}$  = Koinzidenzgrenzfrequenz des Plattenmaterials  
 $c_0$  = Schallgeschwindigkeit in Luft  
n, m = 1, 2, 3, ... (1. bis x-te Eigenmode)

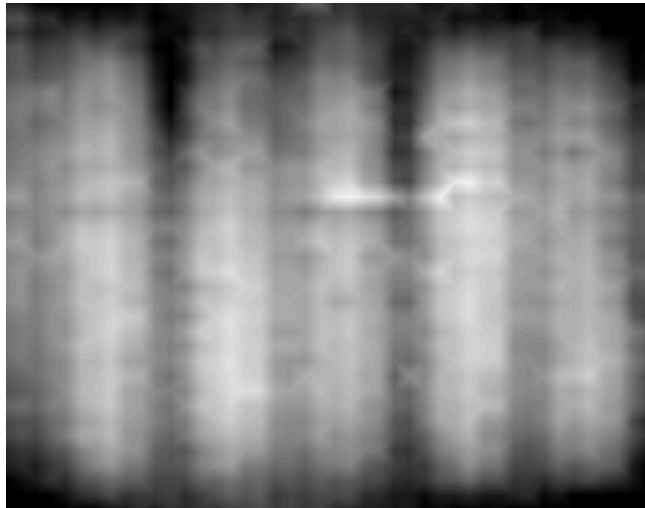


Abbildung 3 : Schwingungsbild der Holzständerwand als Falschfarbenbild (hell hoher Pegel  $L_a$ , dunkel niedriger Pegel  $L_a$ )  
Frequenz  $f = 59 - 63$  Hz,  
Grundschwingung im Gefach  $n=1, m=1$ , nach Gleichung 1.  
Die Lage der Ständer ist durch Balken unterhalb des Schwingungsbilds gekennzeichnet.

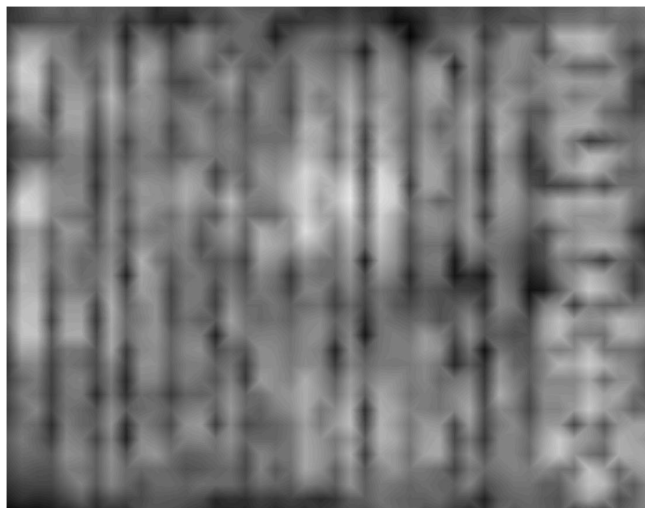


Abbildung 4 : Schwingungsbild der Holzständerwand als Falschfarbenbild (hell hoher Pegel  $L_a$ , dunkel niedriger Pegel  $L_a$ )  
Frequenz  $f = 346 - 351$  Hz,  
Oberschwingung im Gefach  $n=3, m=1$ , nach Gleichung 1  
Die Lage der Ständer ist durch Balken unterhalb des Schwingungsbilds gekennzeichnet.

### Plattenschwingungen

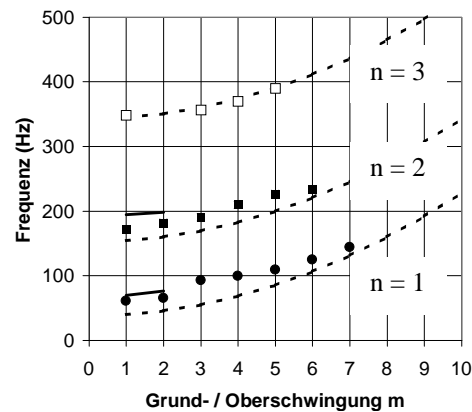


Abbildung 5 : Vergleich der berechneten Frequenzen der Plattenschwingungen im Gefachbereich mit den Messwerten  
●, ■, □ : Messwerte Grund- und Oberschwingung,  $n = 1, 2, 3$   
gestrichelte Linie : berechnet nach Gleichung 1, gestützte Ränder  
durchgezogene Linie : berechnet nach [3], Platte eingespannt

### 6 Vergleich mit Schalldämmprüfungen

Die Schalldämmkurve der Holzständerwand, siehe Abbildung 1, zeigt deutliche Einbrüche bei 65 Hz und 315 Hz. Diese Frequenzen koinzidieren mit Grund- und Oberschwingungen  $n = 1$  und  $3$  der Plattenschwingungen im Gefachbereich. Die Oberschwingungen mit  $n = 2$  der Plattenschwingung zeigen sich in dieser Kurve nicht so deutlich.

Die Schalldämmung der Holzständerwand wird bei mittleren bis tiefen Frequenzen somit stark von den Eigenschwingungen der Beplankungen bestimmt.

### 7 Zusammenfassung / Ausblick

Es wurden Ergebnisse von Schwingungsmessungen an Holzständerwänden vorgestellt.

Die Schwingungsbilder einer Holzständerwand wurden mittels Körperschall-Beschleunigungspegel-Aufnehmer aufgezeichnet. Die Grund- und Oberschwingungen der verschiedenen Eigenmoden konnten identifiziert werden. Die Frequenzen dieser Eigenmoden stimmen gut mit den berechneten Eigenfrequenzen überein.

Ein Vergleich mit der dazugehörigen Schalldämmkurve zeigt, dass deren Frequenzeinbrüche mit den Frequenzen der Eigenmoden übereinstimmen.

Es ist zu erwarten, dass die hier beobachteten Effekte von grundsätzlicher Natur sind und auch bei anderen Holzbauteilen (wie z.B. Holzbalkendecken, Dachflächen, Vorsatzschalen) auftreten werden.

Für eine Optimierung der Schalldämmung im Holzbau gilt es diese Erkenntnisse auf andere Holzbaukonstruktionen zu übertragen. Ziel ist es durch eine geschickten Wahl der Beplankungen (Materialien, Dicken, Plattenabmessungen), ihrer Befestigungen, dem Ständerraster sowie zusätzlichen Maßnahmen (Beschwerungen, Schwingungstilger) die Schwingungseigenschaften so zu beeinflussen, dass die Schalldämmung der Holzbauteile optimiert werden.

### 8 Literatur

- [1] DIN EN ISO 140-01, DIN EN 20140-03
- [2] Landau, L.D. und Lifschitz E.M. Lehrbuch der theoretischen Physik, Bd. 7 Elastizitätstheorie, 5. Auflage, Akademie Verlag Berlin 1983
- [3] Schmidt, H., Schalltechnisches Taschenbuch, 4. Auflage VDI Verlag Düsseldorf 1989